

ФАКТОРЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

*Д.т.н., профессор Токжан Куангалиевна КУАТБАЕВА;
К.т.н., ассоц. профессор Жамбакина Зауреш МАЖИТОВНА;
К.т.н., ассоц. профессор Жанкелди Туртемирович НАШИРАЛИЕВ;
К.т.н., доцент Бакыт Майнышевна АУБАКИРОВА;
Магистрант Айгерим ЖОЛДЫБАЕВА*

*Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет им.
К.Сатпаева (Республика Казахстан, Алматы)*

ABSTRACT

Aggressive factors acting on the structure of porous concrete, are alternately freezing and thawing, wetting and drying, carbonization of the material and its associated internal stresses in the products, the effect of a number of corrosive gases (hydrogen sulfide, sulfur dioxide, ammonia, carbon dioxide), and others. Cellular concrete, subject to certain design requirements and comply with a set of rules in the process of construction and operation, has sufficient durability.

Имеющийся опыт эксплуатации конструкций из ячеистых бетонов показывает, что при условии выполнения определенных конструктивных требований и соблюдения ряда правил в процессе строительства и эксплуатации ячеистый бетон обладает достаточной долговечностью.

Агрессивными факторами, действующими на конструкции из ячеистых бетонов, являются: попеременное замораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание, карбонизация материала и связанные с ней внутренние напряжения в изделиях, действие ряда агрессивных газов (сероводород, сернистый газ, аммиак, диоксид углерода) и др.

Преимущественное применение изделий из ячеистого бетона в ограждающих конструкциях предъявляет к ним требования высокой морозостойкости. В процессе эксплуатации ячеистый бетон может увлажняться путем поглощения некоторого количества влаги из окружающей среды, или при прямом контакте с водой. Морозостойкость ячеистых бетонов определяется структурой бетона, количеством удерживаемой в нем воды, формой связи воды с материалом и температурой ее замерзания. Существующими техническими нормами морозостойкость

ячеистых бетонов устанавливается путем попеременного замораживания и оттаивания, при этом снижение предела прочности при сжатии не должно превышать 25 %. Высокая морозостойкость ячеистого бетона объясняется его высокой пористостью и характером пор. Для увеличения морозостойкости изделий и конструкций в процессе эксплуатации необходимо учитывать вид сырьевых материалов, их характеристику, соотношения между ними, а также добиваться улучшения пористой структуры материала, снижения внутренних напряжений в период автоклавной обработки, повысить прочность и уменьшить дефектность межпоровых перегородок.

Образцы на основе полевошпатового песка и цемента после испытания в течение 15 - 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания снижают прочность на сжатие на 24-28 %. Прочность же образцов на основе полевошпатово- кварцевого песка снижается после 25 циклов испытания на 20-24 %, а после 50 циклов – на 11-17 %.

Значительное водопоглощение ячеистого бетона обуславливается его большой пористостью и зависит от плотности. Со снижением плотности, при прочих равных условиях, водопоглощение ячеистого бетона увеличивается, оказывая существенное влияние на ряд технических свойств ячеистого бетона. Некоторые соединения, входящие в состав ячеистого бетона, могут растворяться в воде или химически реагировать с ней. Все это приводит к снижению прочности и долговечности, а также их стойкости к химическим агрессивным средам. Водопоглощение ячеистого бетона меняется в зависимости от вида исходного сырья и средней плотности бетона. Водопоглощение и прочность в водонасыщенном состоянии ячеистого бетона с использованием в качестве кремнеземистого компонента песчаного продукта переработки нефтебитуминозных пород не изменяются при содержании в песке 30-40 % полевого шпата. Таким образом, можно отметить, что на основе исследуемого кремнеземистого продукта переработки нефтебитуминозных пород можно изготовить ячеистые бетоны, отвечающие требованиям нормативов.

Долговечность ячеистых бетонов, характеризуется сопротивляемостью другим атмосферным воздействиям (попеременное увлажнение и высушивание, карбонизация и др.). Воздействие переменных температур и влажности на ячеистый бетон является одним из основных, которым подвергаются ограждающие конструкции в эксплуатационных условиях. Механизм разрушения бетона при этих воздействиях состоит в развитии микротрещин и микродефектов структуры бетона, перерастания их в макротрещины, которые при дальнейшем воздействии приводят к полной потере бетоном технических свойств.

Изменение влажности окружающей среды вызывает изменение влажности ячеистого бетона и соответственно усадку или набухание.

Усадочные деформации при длительной эксплуатации прямо пропорциональны влажности изделия после автоклавной обработки.

Более разрушительными для ячеистого бетона являются напряжения, возникающие при чередующихся увлажнении и высушивании, а также нагревании и охлаждении. В этих условиях усадка и набухание материала связаны с объемным изменением гелевой составляющей цементного камня, а также с капиллярными явлениями. Исследования плотных бетонов указывают на необратимость объемного изменения бетонов при попеременном высушивании и увлажнении. Усадка бетона при сушке происходит в результате потери связанной воды гелем после предшествующего удаления свободной воды, а набухание – в результате при увлажнении геля и одновременного заполнения пор свободной водой. Продолжительное атмосферное воздействие на ячеистый бетон разлагает гидросиликатную связку с образованием кальцита и кремнегеля. Уменьшение количества гидросиликатов приводит к ослаблению структуры ячеистого бетона и соответственно снижает его прочность. Для повышения стойкости ячеистых бетонов необходима гидроизоляция внутренней поверхности ячеистобетонных изделий, также учет: вида сырьевых материалов, их характеристику, соотношения между ними, количества и качества пористой структуры, режим автоклавной обработки, монтаж, температурный и влажностный режим эксплуатации.

Более разрушительными для ячеистого бетона являются напряжения, возникающие при чередующихся увлажнении и высушивании, а также нагревании и охлаждении.

Следует отметить, что в натуральных условиях службы при воздействии атмосферных осадков ячеистый бетон в силу своей пористой структуры быстро увлажняется и его прочность снижается. Важно выяснить, в какой мере восстанавливаются потери прочности ячеистых бетонов при последующем высыхании.

Согласно данным

Таблица 1, снижение прочности ячеистобетонных изделий на основе сырья с различным содержанием полевого шпата в водонасыщенном состоянии составляет 10-15 %; примерно такое же снижение прочности изделий на основе кварцевого сырья.

Одним из основных процессов, происходящих в ячеистых бетонах при эксплуатации является карбонизация. Прочность при сжатии и изгибе ячеистых бетонов вследствие воздействия на них CO_2 снижается. Исключить отрицательное действие углекислого газа на стойкость ячеистого бетона можно путем применения различных защитно-отделочных покрытий, уменьшения плотности изделий и конструкций, использовать исходные материалы, менее подвергающиеся процессам карбонизации.

Таблица 1: Влияние содержания полевошпатовых минералов в песке на свойства ячеистых бетонов на основе различных вяжущих

| Состав кремнеземистого компонента, % | | Влажность, % | Средняя плотность, кг/м ³ | Предел прочности при сжатии, кгс/см ² | | | | |
|--|------------|--------------|--------------------------------------|--|----------------------------|----------------------------------|--|--|
| кварц | полевошпат | | | В | в водонасыщенном состоянии | в высушенном после водонасыщения | после 50 циклов замораживания и оттаивания | после 25 циклов увлажнения и высушивания |
| На основе цемента | | | | | | | | |
| 100 | - | 18 | 722 | 65 | 56 | 64 | 65 | 60 |
| 75 | 25 | 18 | 709 | 68 | 55 | 60 | 68 | 60 |
| 50 | 50 | 18 | 690 | 62 | 56 | 60 | 61 | 55 |
| - | 100 | 20 | 715 | 56 | 49 | 58 | 57 | 49 |
| На основе смешанного вяжущего (известь : цемент 1 : 1) | | | | | | | | |
| 100 | - | 19 | 700 | 55 | 50 | 56 | 52 | 46 |
| 75 | 25 | 18 | 730 | 52 | 44 | 52 | 51 | 44 |
| 50 | 50 | 19 | 705 | 49 | 40 | 49 | 51 | 41 |
| - | 100 | 20 | 670 | 50 | 43 | 48 | 49 | 41 |

В начальный период карбонизации прочность ячеистого бетона снижается на 5-10 %, а после месячного срока возрастает на 10-15 % по сравнению с первоначальной. С увеличением сроков структура продуктов карбонизации упрочняется, улучшается их связующая способность, что в свою очередь способствует росту прочности изделий. Структурное разрушение новообразований и кристаллизация вновь образованного карбоната кальция вызывают усадку изделий. Различное содержание полевых шпатов в песке существенно не изменяет усадочные деформации, величина которых для всех составов практически одинакова - 1,44-2,34 мм/м. Средняя плотность образцов всех составов значительно увеличивается. Содержание CO₂ в образцах зависит от вида вяжущего и для рассматриваемых составов колеблется в пределах 11-15 %.

Стойкость бетона к воздействию кислых вод можно увеличить при применении для его изготовления материалов с минимальным содержанием известей содержащих компонентов. При применении продуктов переработки нефтешлаковых пород, характеризующихся повышенным содержанием активного кремнезема, в условиях высокотемпературной обработки (в автоклавах) можно получить материалы, химико-минералогический состав которых предполагает их высокую стойкость при воздействии кислотной агрессии (действие уксусной, соляной и серной кислот).

Были изучены свойства ячеистобетонного материала с добавкой 10 % НБП. Испытания образцов в условиях попеременного замораживания

показали, что образцы, изготовленные из смеси с добавкой 10 % НБП, более морозостойкие, чем без добавки. Образцы с добавкой выдержали 100 циклов замораживания и оттаивания без разрушения. Это объясняется особенностью структуры материала, достигаемой при введении добавки НБП.

Таблица 2: Влияние добавки НБП на свойства изделий с ячеистой структурой в переменных условиях службы

| Добавка НБП, % в пересчете на битум | До испытания | | После испытания в течение, циклов | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|
| | плот- ность, кг/м ³ | предел прочнос-ти при сжатии, МПа | 15 | 25 | 50 | 100 |
| Попеременное замораживание и оттаивание | | | | | | |
| 10 | 71 | 6,4 | 6,4/0 | 6,3/2,3 | 5,9/6,8 | 5,8/8,0 |
| 0 | 73 | 4,5 | 4,2/6,0 | 4,0/9,8 | 3,8/15,9 | 3,7/19,4 |
| без добавки | 5 | | | | | |
| Попеременное увлажнение и высушивание | | | | | | |
| 10 | 71 | 6,4 | 6,4/0 | 6,38/0,3 | 6,35/0,7 | - |
| 0 | 72 | 4,5 | 4,48/0,40 | 4,36/0,84 | 4,26/5,4 | - |
| без добавки | 5 | | | | | |

Примечание. Над чертой - показатели прочности при сжатии, МПа, под чертой - потери прочности в % от начальной.

Изучено влияние добавки 10 % НБП на усадку ячеистобетонных образцов. Условия опыта были следующие. Образцы плотностью 720 кг/м³ в течение 48 ч насыщались водой, при этом влажность образцов с добавкой составила 27 %, а без добавки - 45 %. Далее образцы хранились в эксикаторе над безводным карбонатом калия, и в течение времени определялось количество удаленной влаги из образцов и параллельно – усадка.

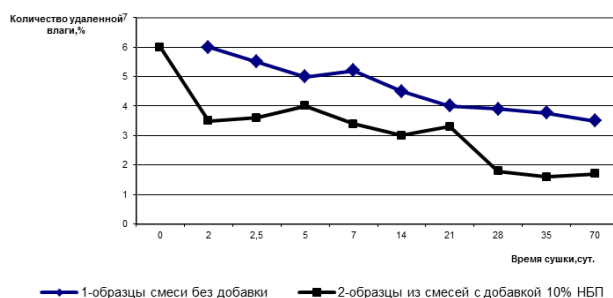


Рисунок 1: Влияние добавки НБП на влагоудаление из образцов с ячеистой структурой

Из данных, приведенных на

Рисунок 1, видно, что процесс удаления влаги образцов без добавки протекает более интенсивно, чем с добавкой НБП и через 70 сут влагопотери соответственно составляют 3 и 1,8 %. Соответственно процессу удаления влаги протекает и усадка образцов. В первые 2 сут наблюдаются резкие усадочные деформации, а затем усадка почти не увеличивается до 35 сут, а с увеличением сроков хранения резко повышается, достигая через 70 сут 0,52 мм/м у образцов без добавки и 0,42 мм/м - с добавкой НБП (Рисунок 2).

Изучена паропроницаемость исследуемого материала по методу массового изменения и установлено, что паропроницаемость изменяется постепенно и через 7 сут составляет около 20 % при добавке НБП, а без добавки - 25 % от конечной величины паропроницаемости, достигаемой через 90 дней (Рисунок 3).

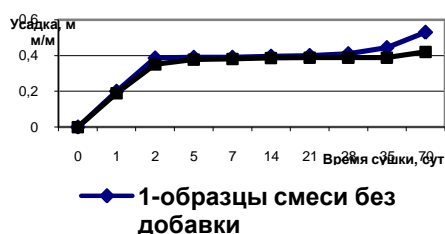


Рисунок 2: Влияние добавки НБП на усадку образцов с ячеистой структурой

Высокая паропроницаемость материала с ячеистой структурой, которая в 3-4 раза больше паропроницаемости кирпича, керамзитобетона ускоряет процесс высыхания стен и в помещениях создается благоприятный микроклимат. Кроме того, огнестойкость, нетоксичность и биостойкость ячеистого бетона делает его более предпочтительным для применения в жилищном и гражданском строительстве.

Водонасыщение у образцов с добавкой 10 % НБП происходит менее интенсивно, чем у образцов без добавки. Этот процесс у образцов без добавки протекает в основном в течение 48 ч, а с добавкой - 80 ч. Через 7 сут водопоглощение образцов с добавкой составило 45 %, образцов без добавки - 56 % (Рисунок 4). Интенсивность водопоглощения с течением времени замедляется и через 2 мес водопоглощение составляет соответственно 48 и 64 %.

Добавка 10 % НБП при атмосферной влажности 98 % снижает сорбционную влажность образцов по сравнению с влажностью образцов без добавки почти в 2,2 раза. Сорбционная влажность ячеистого бетона с добавкой и без добавки через 70 сут соответственно составила 7,8 и 19 % (Рисунок 5).

Как показывают вышеприведенные данные, при добавке НБП уменьшается водопоглощение, сорбционная влажность и усадка ячеистого бетона, что является следствием повышения плотности межпоровых перегородок и гидрофобизации поверхности пор обволакивающей их битумной пленкой, затрудняющей диффузию влаги и углекислого газа из воздуха. Это положительно сказывается на уменьшении деструктивных процессов.

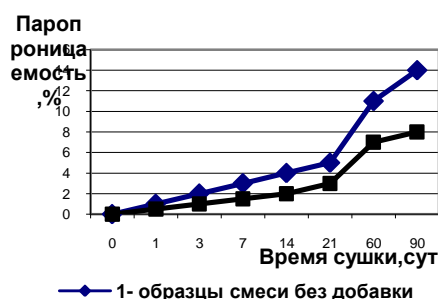


Рисунок 3: Влияние добавки НБП на паропроницаемость образцов

Гидрофобизирующий эффект с увеличением добавки НБП усиливается. Так, при 10 и 15 % добавки НБП водопоглощение ячеистого бетона снижается соответственно в 2,3 и 4 раза, капиллярный подсос уменьшается в 7 и 8,5 раза (Таблица 3). Предел прочности при сжатии образцов с добавкой НБП как после пропаривания, так и через 35 циклов испытания на попеременное замораживание и оттаивание повышается до 10 % добавки (в пересчете на битум).

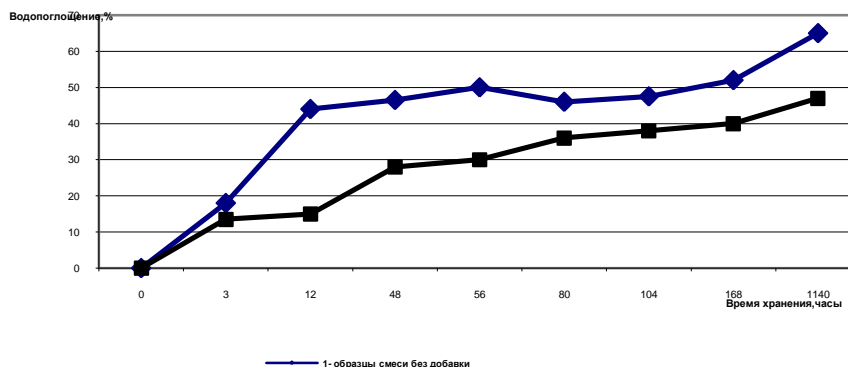


Рисунок 4: Влияние добавки НБП на водопоглощение образцов

Кроме этих факторов, на свойства изделий с ячеистой структурой влияет углекислый газ, содержащийся в атмосфере. При объемной гидрофобизации с добавлением НБП ячеистый бетон в меньшей степени подвержен карбонизации.

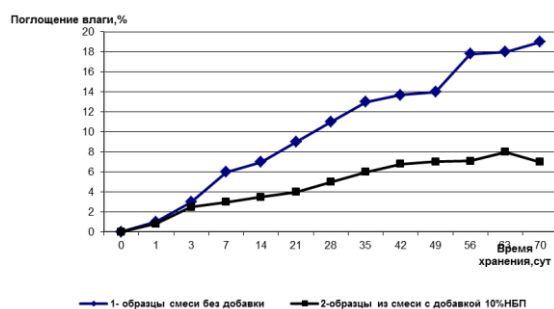


Рисунок 5: Влияние добавки НБП на адсорбционное поглощение влаги образцов при сорбционной влажности 98% по массе

После 30-суточного нахождения на воздухе содержание углекислоты в ячеистом бетоне с добавкой 10 % НБП составило 3,8 %, а в негидрофобизированном ячеистом бетоне - 12,4 %. Карбонизация изделий сопровождается усадкой. Так, изделия из ячеистого бетона, изготовленные без добавки НБП, после 30-суточной карбонизации на воздухе имели усадку 0,52 мм/м, а при добавке 10 % НБП усадка уменьшилась до 0,12 мм/м.

Таблица 3: Влияние добавки НБП на свойства ячеистобетонных изделий с плотностью 500 кг/м³

| Добавка НБП, % от массы твердых компонентов в пересчете на битум, | Водопоглощение, % (по массе) | Капиллярный подсос, % | Предел прочности при сжатии, МПа | |
|---|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|
| | | | после пропаривания, 95 ⁰ С | через 35 циклов замораживания и оттаивания |
| - | 48 | 8,60 | 3,54 | 3,50 |
| 5 | 36 | 2,84 | 3,82 | 3,86 |
| 10 | 21 | 1,09 | 3,80 | 3,92 |
| 15 | 12 | 2,01 | 3,24 | 3,30 |

Как известно, минеральная часть НБП многих месторождений включает карбонатные породы. Содержание карбонатов в нефтебитуминозных породах, использованных в качестве гидрофобизирующей добавки ячеистого бетона, составило 35-50 %. Экспериментально установлено, что при оптимальной добавке НБП

вносимые с ней карбонаты положительно сказываются на деформативных свойствах ячеистого бетона. При добавке НБП до 50 % от общей массы силикатной смеси (обеспечивает содержание битума в смеси до 15 %) усадка после 3-месячной карбонизации уменьшается на 14-15 %, до 0,34 мм/м (усадка бетона без добавки 0,48 мм/м).

Указанные факторы существенно повышают долговечность гидрофобизированных ячеистобетонных изделий.

Список использованной литературы

1. Книгина Г.И., Тацки Л.Н., Кучерова Э.А. Современные физико-химические методы исследования строительных материалов.- Новосибирск: издательство НИСИ им. В.В.Куйбышева, 1981.-81с.
2. ГОСТ 25485-82, ГОСТ 25482-86 и СНиП 2.03.01-84. Автоклавный и неавтоклавный ячеистый бетон (методы испытаний).
3. ГОСТ 7076-87 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности».
4. Инструкция по технологии изготовления изделий из автоклавного ячеистого бетона СН-277-64,М.: стройиздат, 1964.60с.
5. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон.М.:Стройиздат,1973.-207 с.
6. Силаенков Е.С., Тихомиров Г.В. Влияние состава цемента на деформацию ячеистых бетонов в эксплуатационных условиях./ Сб. УралпромстройНИИпроект «повышение долговечности панелей из ячеистых бетонов.» Стройиздат.М., 1965.С.64-74.
7. Ахметов А.Р., Бисенов К.А. и др. Современное состояние и перспектива производства ячеистого бетона в Казахстане. Алматы. - «Гылым», 1998.-84с.